

Teemu Hauhia

Älykäs ohjeistus prosessiautomaatiojärjestelmään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

30.5.2017

Tekijä(t) Otsikko	Teemu Hauhia Älykäs ohjeistus prosessiautomaatiojärjestelmään
Sivumäärä Aika	30 sivua + 2 liitettä 30.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Jari Olli Kunnossapitopäällikkö Emmi Arimo
<p>Nykypäivänä prosessiteollisuudessa on käytössä paljon erilaisia ohjeita. Ohjeet ovat usein joko paperiversioina tai sähköisinä verkkodokumentteina. Ohjeet eivät välttämättä ole nopeasti saatavilla tai niistä on vaikea löytää nopeasti kulloinkin tehtäviä toimintoja. Työssä pyritään luomaan uudenlainen ohjeistustapa ohjaamo operaattoreille.</p> <p>Insinööriyössä kartoitettiin öljynjalostamon ohjaamo-operaattoreiden ohjetarpeita, sekä tutkittiin kirjallisuudesta ja muilta aloilta parhaita ohjekäytäntöjä. Työn toteutuksen kannalta oli tärkeää myös kerätä tietoa prosessiautomaatiojärjestelmien tarjoamista mahdollisuuksista. Näiden tietojen pohjalta luotiin malli älykkäälle ohjeistukselle prosessiautomaatiojärjestelmään.</p> <p>Työn tuloksena tehtiin demoversio reaaliaikaisesti päivittyvästä tarkistuslistasta prosessiautomaatiojärjestelmään. Kohteeksi valikoitui Nesteen Porvoon jalostamon Vety-yksikkö 2:n kuumakäynnistyksen pikaohje. Tarkistuslista toimii samassa käyttöliittymässä muun prosessinohjauksen kanssa, joten se on ohjaamo-operaattorille nopeasti saatavilla. Tarkistuslistan on tarkoitus pitää ohjaamo-operaattori ajan tasalla automaattisesti, kun yksikköä kuumakäynnistetään, ja näyttää kulloinkin tehtävät ja tehdyt toimenpiteet.</p>	
Avainsanat	Älykäs ohjeistus, prosessiautomaatiojärjestelmä, tarkistuslista

Author(s) Title	Teemu Hauhia Smart Procedures for Process Automation System
Number of Pages Date	30 pages + 2 appendices 30 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Senior lecturer Jari Olli Maintenance Manager Emmi Arimo
<p>There is a lot of different kind of Procedures and instructions in use in today's process industry. Most of documents are in paper versions or internet documents. Procedures can be very difficult to reach or the precise information is hard to find. This thesis is focused to find new way to give information to controlroom operator.</p> <p>Controlroom operators were asked, what kind of procedures and instructions they suggest being used. Also, best practices from professional written material were researched to find way to create new type of instructions. For creating new instructions, it was very important to know what programs automation companies can offer.</p> <p>New type of interactive instruction model was created to process automation system. Target was to make an interactive checklist from existing hydrogen plant hot startup procedure. The Checklist can be opened from DCS (Distributed Control System) and it's easy to reach. Checklist shows all the time ongoing steps and leads control room operator to make right decisions.</p>	
Keywords	Smart procedures, process automation system, checklist

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Porvoon jalostamo	1
2.1	Vety-yksikkö 2	1
2.1.1	Prosessinkuvaus	2
2.1.2	Valinta	3
3	Operaattoreiden ohjeistus	3
3.1	Ohjeiden tarve	3
3.2	Ohjeiden parhaat käytännöt kirjallisuuden mukaan	5
3.2.1	Perinteinen ohjeistus	7
3.2.2	Älykäs ohjeistus	7
3.3	Ohjeet jalostamolla	8
4	Automaatiojärjestelmien tarjoamat mahdollisuudet	10
4.1	Valmet DNA	10
4.1.1	Puhe- ja eleohjaus prosessinhallinnassa.	11
4.1.2	DNAhelp	12
4.2	Honeywell Experion PKS	13
4.2.1	Procedural Operations	13
4.3	Emerson Delta V	15
4.3.1	Alarm help ja Alarm mosaic	16
4.4	Muut mahdollisuudet	18
4.4.1	HMI	18
4.5	Yhteenveto	18
5	Operoinnin tarpeet	19
5.1	Tällä hetkellä käytössä olevat ohjeet	19
5.2	Operoinnin ohjetarpeiden kartoitus	19
5.2.1	Tulosten käsittely	20
5.2.2	Normaalioperointi	20
5.2.3	Ylös- ja alasajo	21

5.2.4 Häiriö	23
6 Ohjeistuksen toteutus	24
6.1 Valittu menetelmä	24
6.2 Toteutus Vety-yksikkö 2:ssa	25
6.3 Kehityskohteet	26
7 Yhteenveto	27
Lähteet	29

Liitteet

Liite 1. Ohjaamo-operaattoreilla teetetyn kyselyn lomake

Liite 2. Vety-yksikkö 2, kuumakäynnistys-pikaohje, online version hahmotelma

Lyhenteet

DCS	Hajautettu Prosessinohjausjärjestelmä
DNA	Valmetin kehittämä prosessiautomaatiojärjestelmä
L2O	License to operate -ohjelma
OQD	Virallinen ohjedokumentti
PCS	Prosessiautomaatiojärjestelmät
PÖY	Pohjaöljy-yksikkö
VY2	Vety-yksikkö 2

1 Johdanto

Kemianteollisuudessa käytettävät automaatiojärjestelmät ovat kehittyneet huimasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Prosessien hallinnasta on tullut vakaampaa, ja erilaisten häiriöiden määrä on vähentynyt.

On myös pystytty kehittämään entistä haastavampia prosesseja, mikä on luonut haasteita myös automaatiojärjestelmien käytölle. Erilaisten häiriöiden hallinta on haastavaa, ja niistä koituvat kustannukset voivat olla todella suuria.

Neste Oyj:n Porvoon jalostamolla on katsottu tarpeelliseksi tutkia vaihtoehtoisia ohjelmaleja, jotka voitaisiin integroida suoraan hajautettuun prosessinohjausjärjestelmään (DCS). Työssä perehdytään pääasiassa Valmet DNA:n, Emerson Delta V:n ja Honeywell PKS:n automaatiojärjestelmiin ja niiden tarjoamiin sovelluksiin ja mahdollisuuksiin. Lisäksi kartoitetaan nykyiset jalostamolla käytössä olevat, operaattoreille suunnatut ohjeet, sekä operaattoreiden tarpeet. Näiden pohjalta luodaan automaatiojärjestelmässä toimiva reaaliaikainen ohje tai tarkistuslista. Ohjeesta tehdään myös kokeiluversio.

2 Porvoon jalostamo

Neste Oyj:n Porvoon jalostamo sijaitsee Porvoon Kilpilahdessa. Vuonna 1965 toimintansa aloittanut jalostamo on Euroopan nykyaikaisimpia. Porvoon jalostamo on kompleksi jalostamo. Neljästä tuotantolinjasta ja yli 40 prosessiyksiköstä koostuvan kokonaisuuden tärkeimpiä tuotteita ovat korkealaatuiset ja puhtaat liikennepolttoaineet. [1.]

Jalostamolla automaatiojärjestelmät ovat keskeisessä osassa prosessinohjausta ja seuranta. Käytössä on useita erilaisia hajautettuja ohjausjärjestelmiä, kuten Valmet DNA, Emerson DeltaV ja Honeywell PKS.

2.1 Vety-yksikkö 2

Vety-yksikkö 2 (VY2) on Porvoon jalostamolla pohjaöljy-yksikön (PÖY) yhteyteen rakennettu vedyntuotantoyksikkö. Useat öljynjalostuksen prosessit kuluttavat paljon vetyä.

Etenkin krakkausprosessien vedyn tarve on suurta. Pohjaöljy-yksikkö on paljon vetyä kuluttava, ja kaikki sen tarvitsema vety tulee VY2:lta. Tästä syystä VY2:n vakaan toiminnan varmistaminen on tärkeää.

2.1.1 Prosessinkuvaus

VY2:n toiminta perustuu höyryreformointitekniikkaan, jossa maakaasulla CH₄ ja vesihöyryllä H₂O tuotetaan reformeriuunissa endotermisen reaktion avulla vetyä H₂ ja hiilidioksidia CO₂ katalyytin vaikutuksen alaisena. Uunissa tapahtuvat reaktiot ovat seuraavat:



Syötettävään maakaasuun sekoitetaan PÖY:n rejektikaasua (ROG), joka on vetypitoista kaasua. Syötön orgaaniset rikkiyhdisteet hydrataan vedyn kanssa rikkivedyksi (H₂S) ja ne poistetaan syöttövirrasta rikinpoistoreaktoreissa. Syöttökaasu kuumennetaan ja siihen lisätään ylimäärin tulistettua vesihöyryä. Sekoitus johdetaan esikuumennuksen jälkeen reformeriuunin syöttöön. Syöttökaasu virtaa uunissa olevissa tuubeissa, jotka on täytetty katalyytillä, reaktion kiihdyttämiseksi. Aiemmin mainitut reformeriuunissa tapahtuvat reaktiot 1 ja 2 ovat voimakkaasti endotermisiä ja vaativat paljon lämpöä tapahtuakseen. Reformerin jälkeen kaasua jäähdytetään ja se johdetaan korkealämpötilakonvertteriin, jossa reaktiossa 2 syntyneet hiilimonoksidimolekyylit (CO) reagoivat vesihöyryn (H₂O) kanssa tuottaen vetyä (H₂) ja hiilidioksidia (CO₂). Reaktio on esitetty kaavassa 3. [2.]



Konvertterin jälkeen prosessikaasu jäähdytetään ja siitä erotellaan lauhtunut vesi. Lauhteenerotuksen jälkeen kaasut johdetaan PSA-yksikköön (Eng. Pressure Swing Adsorption). PSA:ssa tuotevety ja hiilidioksidi erotellaan toisistaan. Vety johdetaan öljynjalostamon käyttöön ja hiilidioksidi AGA:n hiilidioksidin talteenottolaitokselle. [2.]

2.1.2 Valinta

VY2:n häiriönhallinnan kehittämistarpeena on koettu vaihtoehtoisen ohjejärjestelmän luominen yksikön niin sanotulle kuumakäynnistysohjeelle. Yksikön vakaa ja häiriötön toiminta on erittäin tärkeää jalostamon toiminnan kannalta. Työssä pyritään löytämään mahdollisimman hyvä ja selkeä ohjemalli, joka tukee ohjaamo-operaattorin työskentelyä mahdollisessa häiriötilanteessa.

3 Operaattoreiden ohjeistus

Luvussa tarkastellaan ohjetarpeita, sekä käsitellään nykypäivän ja arvioidaan tulevaisuuden ohjemalleja. Lisäksi selvitetään, mitä varten ohjeita on ja mitä niillä voidaan saavuttaa. Porvoon jalostamon ohjeita käydään läpi myös yleisellä tasolla.

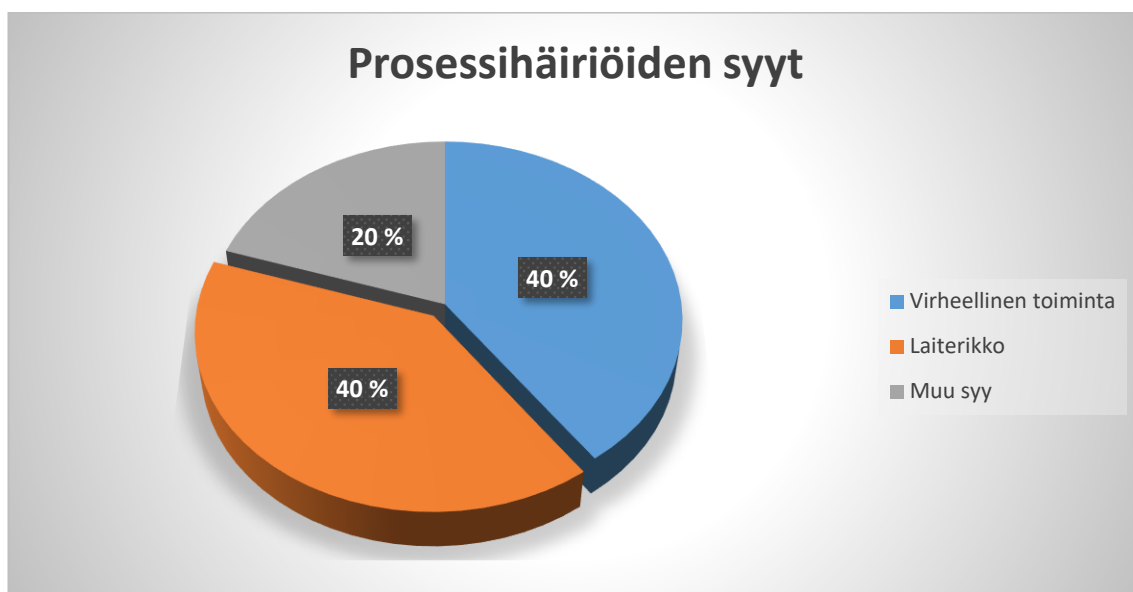
3.1 Ohjeiden tarve

Nykyteknologia on mahdollistanut aiempaa luotettavampien prosessien kehittämisen. Erilaisten häiriöiden määrä on vähentynyt ja seisokkivälit pidentyneet. Operaattorit joutuvat operoimaan häiriöissä ja yllättävissä prosessimuutostilanteissa entistä harvemmin. Tämä kaikki on johtanut ja tulee johtamaan operaattoreiden kokemuseräisen osaamisen vähenemiseen. Laadukkaiden ohjeiden merkitys korostuu, kun kokemuseräinen osaaminen heikkenee. [3.]

Laadukkaalla ja kattavalla ohjeistuksella vähennetään selvästi erilaisten häiriöiden, vääринymmärrysten ja vaaratilanteiden mahdollisuutta prosessissa. Selkeät ohjeet ovat johdonmukaiset ja niiden mukainen menettely helppoa. On tärkeää, että hyvät ja kattavat ohjeet ovat saatavilla mahdollisimman helposti ja nopeasti. Ohjeistuksella on pyrittävä ehkäisemään virheellinen operointi. [4.]

Ohjeita tulisi tarkastella määräajoin, koska prosessiolosuhteet tai aineet ovat voineet muuttua ohjeiden laatimisen jälkeen. Ajan myötä aiemmat ohjeet eivät ole enää välttämättä käyttökelpoisia ja standardinmukaisia kohteessa, ohjeissa saattaa olla myös virheellisyyksiä tai siinä ei ole tarpeeksi kerrottu tarkasti tehtäviä operaatioita ja toimenpiteitä [4].

ASM Consortiumin tekemän tutkimuksen mukaan kaikista häiriöistä keskimäärin 40 % on laiterikoista johtuvia, 40 % ihmisten tekemistä virheistä ja 20 % muista syistä. Tutkimus on tehty vuosina 1992–1993 viidellä eri kemianteollisuuden laitoksella. Tutkimukseen on laskettu mukaan vain prosesseihin kohdistuneet tilanteet. Osuudet on esitetty ympyräkaaviona kuvassa 1. Hyvällä ohjeistuksella ja sen noudattamisella voitaisiin pienentää virheellisen toiminnan osuutta. [4;5.]

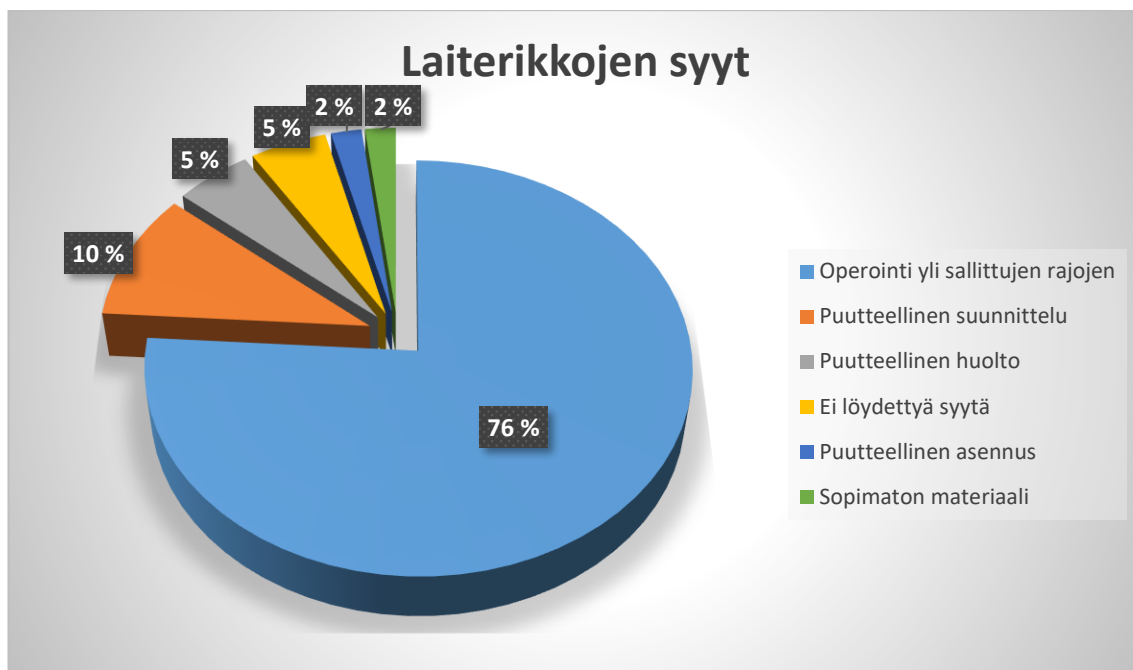


Kuva 1. Prosessihäiriöiden syyt [4.]

Virheellisen toiminnan taustalla oli usein vajaat tai kokonaan puuttuneet ohjeet. Myöskään ongelmia ei osattu tunnistaa ajoissa. Jälkikäteen voidaankin pohtia, olisiko virheelliseltä operoinnilta välttytty ja ongelmat havaittu ajoissa, jos kunnolliset ohjeet olisivat olleet olemassa.

Peräti 76 % laiterikon aiheuttaneista syistä johtui siitä, että prosessilaitteita käytettiin yli suunnittelurajojen. Syitä tähän voi olla monia. Varmasti yksi merkittävämmistä tekijöistä oli puutteellinen ohjeistus tai ohjeiden noudattamatta jättäminen. Laiterikkoon johtaneet yleisimmät syyt on esitetty ympyräkaaviona kuvassa 2. [4;5.]

Häiriöiden aiheuttamista tuotannonmenetyksistä ja korjauskustannuksista aiheutuvat tappiot voivat nousta prosessiteollisuudessa todella merkittäviksi. Myös ihmisille ja ympäristölle voi aiheutua vaaraa erilaisten tulipalojen tai vuotojen seurauksena.



Kuva 2. Laiterikkojen syyt [4.]

U.S. Chemical Safety Board (CSB) tutkii kemikaaleja käsittelevillä teollisuuslaitoksilla (esim. öljynporauslautat ja öljynjalostamot) tapahtuneita onnettomuuksia, kuten öljynporauslautoilla ja öljyjalostamoilla tapahtuneita onnettomuuksia. CSB:n selvityksistä käy ilmi, että usein eräänä onnettomuuksien perussyynä on ollut puutteellinen ohjeistus. Tällaisia onnettomuuksia ovat mm. Williams Geismar Olefins Plant kiehuuttimen räjähdys 2013, BP Texas City Refinery räjähdys ja tulipalo 2005, Tosco Avon Refinery, Martinez California tulipalo 1999. [6;7;8.]

3.2 Ohjeiden parhaat käytännöt kirjallisuuden mukaan

Hyvässä ohjeessa on painotettu turvallisia työtapoja. Jokainen työ-vaihe, johon sisältyy tunnettuja riskejä, tulee käydä ilmi ohjeesta selkeästi. Kun riskit tunnistetaan, niihin voidaan varautua ja niitä voidaan ehkäistä tai minimoida. [9.]

Riippuen ohjeen ulkoasusta siihen voidaan myös sisällyttää havainnollistavia kuvia, taulukoita tai trendejä, jotka selkeyttävät ohjeen ymmärtämistä. Kuvissa, taulukoissa tai trendeissä voidaan esittää myös tekstiä monimuotoisempia objekteja, jolloin lukijalle jää selkeämpi käsitys, mitä ohjeella haetaan. [9.]

Hyvästäkään ohjeesta ei ole hyötyä, jos sitä ei käytetä. Etenkin, kun työtä suoritetaan ensimmäisen kerran, tulee ohjeita seurata tarkasti. Kaikki virheet tai parannusehdotukset ohjeista tulee ilmoittaa ohjeen tarkastajalle tai kirjoittajalle. Näin, ohjetta voidaan parantaa seuraavaa käyttökertaa varten. Ohjeen sisältö on suunniteltava siten, että kaikkein kokemattominkin käyttäjä voi suorittaa ohjeen mukaisen toimenpiteen turvallisesti ja tehokkaasti. Ohjeessa tulee käydä myös ilmi kaikki kriittiset yksityiskohdat, mutta alusta loppuun liian yksityiskohtaisen ohjeen lukeminen on puuduttavaa ja voi johtaa lukijan keskittymisen herpaantumiseen. Jokaisen työtehtävään liittyvän henkilön tulisi kerrata ohjeen sisältö määrätyin väliajoin. Esimerkiksi operaattoreiden tulisi kerrata oman yksikönsä ohjeet säännöllisesti. [9.]

Ohjeen kirjoittajalla tulee olla hyvä ja selkeä käsitys tehtävästä työtehtävästä tai operoinnista. Käytännön kokemuksen antama käsitys antaa oikean suunnan hyvän ohjeen ulkoasulle ja sisällölle. On suotavaa käyttää kokeneita ammattilaisia ohjeen kommentointiin ennen julkaisua. [9.]

Maailmalla on tehty paljon tutkimuksia, miten ihmisten toimintaa voitaisiin parantaa ohjeistuksella. Useissa tutkintaraporteissa on mainittu tarkistuslista-tyyppisen ohjeen luominen kulloinkin tehtävälle toimenpiteelle. Erityisesti ilmailun onnettomuustutkinnoissa, sekä kirurgiassa suositellaan tarkistuslistaa apuvälineeksi. [10;11.]

Ilmailussa tarkistuslistaa on käytetty jo pitkään parantamaan lentoturvallisuutta ja usein onnettomuustutkinnassa onnettomuuden syyksi onkin havaittu puutteellinen tarkistuslistan käyttö tai kokonaan käyttämättä jättäminen. Tarkistuslistassa on esitetty kriittisimmät ja tärkeimmät suoritettavat toimenpiteet eri vaiheissa kuten, toimenpiteet ennen lentoa, nousu, lasku ja taksivaihe. Häiriöiden ja epänormaalien tilanteiden varalle on omat tarkistuslistat. Tarkistuslista ei kuitenkaan saa olla liian pitkä. Mitä pidempi lista on, sitä herkemmin listalta voidaan hyppiä tarkistettavien kohtien yli ja se voi aiheuttaa vaaratilanteita. Pitkän tarkistuslistan jakamista useampaan osaan tulee tällaisissa tilanteissa harkita, jos se vain on mahdollista. [11.]

Tarkistuslistan käyttöä on tarkasteltu jo aiemmin insinööriyössä Porvoon jalostamolla. Työssä verrattiin hyvin nykyisin jalostamolla käytössä olevia tarkistuslistoja, sekä ilmailulle kehitettyä mallia. Jalostamolla ei ole tarkistuslistalle olemassa standardia, vaan eri yksiköissä niitä on tehty lähinnä oman harkinnan pohjalta ja tarkistuslistan mallit ovat

erilaisia. Tästä voidaan kuitenkin päätellä, että operaattorit kokevat tarkistuslistan hyväksi apuvälineeksi. [12.]

Tarkistuslistan tarkoituksena on toimia pääasiassa muistilappuna, jolla varmistetaan, että kaikki tärkeät ja kriittiset tehtävät on suoritettu. Lisäksi tarkistuslista tukee eri henkilöiden samantapaisia työtapoja, sekä parantaa tehtävien toimenpiteiden koordinoitua työkuorman kasvaessa [11].

Tarkistuslistan käyttöä kirurgisissa toimenpiteissä on myös tutkittu paljon ja se onkin otettu menestyksekkäästi käyttöön maailmanlaajuisesti. WHO:n tekemän tutkimuksen mukaan sairaaloissa, joissa otettiin tarkistuslista käyttöön, kokonaissairaalakuolleisuus aleni 1,5 %:sta 0,8 %:iin. Tutkimukseen osallistui kahdeksan sairaalaa ympäri maailman, erilaisista sosioekonomisista ympäristöistä. Tutkimus osoittaa varsin hyvin tarkistuslistan soveltuvuuden eri aloille, parantaen turvallisuutta ja vähentäen virheiden syntymistä. [10;13.]

3.2.1 Perinteinen ohjeistus

Perinteisellä ohjeistuksella tarkoitetaan usein jonkin laitteen käyttöohjekirjaa tai muuta vastaavaa opasta. Ohjekirjat ovat usein monisivuisia ja niistä voi olla hankalaa etsiä kulloinkin juuri oikeaa tietoa. Perinteisiin ohjeisiin voi sisältyä mm. tarkistuslistoja, taulukoita tai kuvia, joilla ohjeistetaan tehtävää työtä. [14.]

Ohjeiden selkeys ja ymmärrettävyys ovat olennainen osa ohjetta. Hyvän ohjeen alussa tulee tulla heti selväksi tärkeimmät asiat, mitä ohje koskee. [14.]

3.2.2 Älykäs ohjeistus

Luvussa on pyritty sanallisesti kuvaamaan, minkälainen voisi olla prosessiautomaatiojärjestelmän älykkään ohjeistuksen malli.

Prosessiautomaatiossa älykäs ohjeistus osaa prosessimuutosten perusteella tarjota operaattorille oikeaa ohjetta käytettäväksi ja siten pyrkiä ohjaamaan operaattorin toimin-

taa kriittisten asioiden hallintaan. Ohje voi olla esimerkiksi reaaliaikaisesti päivittyvä tarkistuslista, joka on todettu useassa eri yhteydessä varsin toimivaksi ratkaisuksi. Operaattorilla ei kulu aikaa oikean ohjeen etsimiseen, ja siten prosessin seuranta helpottuu.

Nykyiset automaatiojärjestelmät antavat eritasoisia hälytyksiä riippuen siitä, miten kriittinen arvo prosessissa on muuttunut. Kriittisiin hälytyksiin keskittyminen suuntaa operaattorin toimintaa myös kaikkein tärkeimpiin asioihin. Ne eivät kuitenkaan kerro, mitä asialle pitäisi tehdä. Toisinaan kriittisiä hälytyksiä tulee kuitenkin liikaa ja hälytystulvasta on haastavaa poimia kriittisimmät hälytykset.

3.3 Ohjeet jalostamalla

Operaattoreilla on käytössään useita ohjeistuskanavia. Uusin tällainen ohjelma on L2O (license to operate), joka löytyy intranetistä myös. L2O-ohjelmaa käytetään useisiin muihinkin operoinnin tarkoituksiin, mutta tässä työssä keskitytään järjestelmään vain ohjeistuksen näkökulmasta. [15.]

Nesteellä on käytössä yhtiön sisäinen OQD-ohjejärjestelmä. Ohjeet on julkaistu yhtiön intranetissä, sekä L2O-järjestelmässä ja ne ovat koko henkilöstön luettavissa. Tässä työssä keskitytään Porvoon jalostamon ohjeisiin. Valvomossa sekä tuotantolinjojen tukitiloissa on saatavilla myös paperiversiot tuotantolinjakohtaisista ohjeista. Intranetissä, tuotantolinjakohtaisissa kansioissa, on erikseen saatavilla yksikkökohtaiset kansiot ja niiden alta kaikki yksikköön liittyvät ohjeet mukaan lukien häiriötilanneohjeet ja tilapäisohjeet. [15.]

Mikäli jotain yksikön operointitapaa joudutaan väliaikaisesti muuttamaan tai havaitaan vajaatoiminen laite, tehdään siitä aina erillinen tilapäisohje. Tilapäisohjeet julkaistaan kaikissa edellä mainituissa sähköisissä järjestelmissä, sekä lähetetään sähköpostilla operointiosastolle, usein tuotantomestareille, jotka jakavat ohjetta eteenpäin operaattoreille. Tilapäisohjeista toimitetaan myös kirjalliset versiot ohjaamoon. [15.]

Tärkeimpinä ohjeina voidaan pitää erilaisia häiriö- ja erikoisoperointiohjeita. Häiriöt tulevat yleensä yllättäen ja niiden hallinta on erittäin tärkeää. Tästä syystä valvontakeskuksessa on eri yksiköillä pääsääntöisesti kirjalliset häiriötilanneohjeet valmiina. Häiriötilanteita sekä ylös- ja alasajoja helpottamaan on tehty myös rampitustaulukoita. Taulukoita

käytetään mm. yksikön syötön, lämpötilojen, paineen, virtausten muutosten hallintaan ja seurantaan ylös- ja alasajotilanteissa. [15.]

Operaattoreilla on käytössä laaja valikoima OQD-ohjeita. OQD- ohjeet ovat melko pitkiä ja niissä on noudatettu yrityksen omaa ohjepohjaa. Ohjeiden varsinaisen sisältö on usein vain pieni osa koko ohjetta. Ohjeista ei käy nopeasti selväksi erilaisissa häiriötilanteissa tehtävät toimenpiteet, joten ne eivät sovellu parhaalla mahdollisella tavalla häirinhallintaan. Ohjeet soveltuvat kuitenkin hyvin yksikön opiskeluun. Ohjeet tarkastetaan viiden vuoden välein, ja tarkastuksesta vastaavat yksiköiden käyttöinsinöörit. [15.]

Osalle kriittisiä laitteita on tehty tarkistuslista-tyyppisiä käynnistys-, pysäytys- ja häiriöohjeita, jotka on todettu käytössä toimiviksi ratkaisuiksi. Ohjeissa on panostettu selkeyteen, ja niiden avulla pystyy kokenut operaattori järjestelmällisesti toimimaan halutulla tavalla. Erilaisten virheiden, unohdusten tai väärinymmärrysten riski pienenee.

DCS-järjestelmistä voidaan avata yksikkökohtainen säätöjen toimintakuvaus. Toimintakuvaus on esitetty kaikki yksiköiden säädöt ja niiden toiminta. Toimintakuvaus on usein monisivuinen, ja oikean säädön kuvauksen etsimiseksi ohjelmasta löytyy myös hakutoiminto. [15.]

Kenttäoperaattoreiden operointeja helpottamaan ja muistin tueksi on kriittisimmille laitekokonaisuuksille, kuten kompressoreille ja isoille syöttöpumpuille, tehty laitekortteja. Laitekortti on taskuun mahtuva, säänkestävälle pohjalle tehty muistilista-tyyppinen ohje, jonka avulla operaattorin on helpompi saattaa kriittinen laite esimerkiksi käynnistyskuntoon. Laitekorttia käyttämällä operaattorin ei tarvitse muistaa ulkoa kaikkia suoritettavia toimintoja, vaan hän voi kulloinkin tarkistaa tehtävät toimenpiteet laitekortilta. Laitekortti toimii parhaiten kokeneen operaattorin apuvälineenä ja siitä tuskin on suurta hyötyä, jos laitteista ei ole riittävää kokemusta ja pohjatietoa. [15.]

Yhtenä merkittävänä ohjeistusmuotona on opastus ja perehdytys. Hyvän ja huonon opastajan ero on suuri. Huonolla opastuksella voidaan johtaa harhaan ja vaikuttaa opastettavan mielipiteisiin ja ennakkoluuloihin, esimerkiksi kirjoitetuista ohjeista. Hyvällä opastuksella motivoidaan opastettava käyttämään kirjoitettuja ohjeita ja toimimaan oikein. Hyvä opastus on sitä, että kerrotaan ja näytetään oikeita asioita, faktoja, ei mielipiteitä.

4 Automaatiojärjestelmien tarjoamat mahdollisuudet

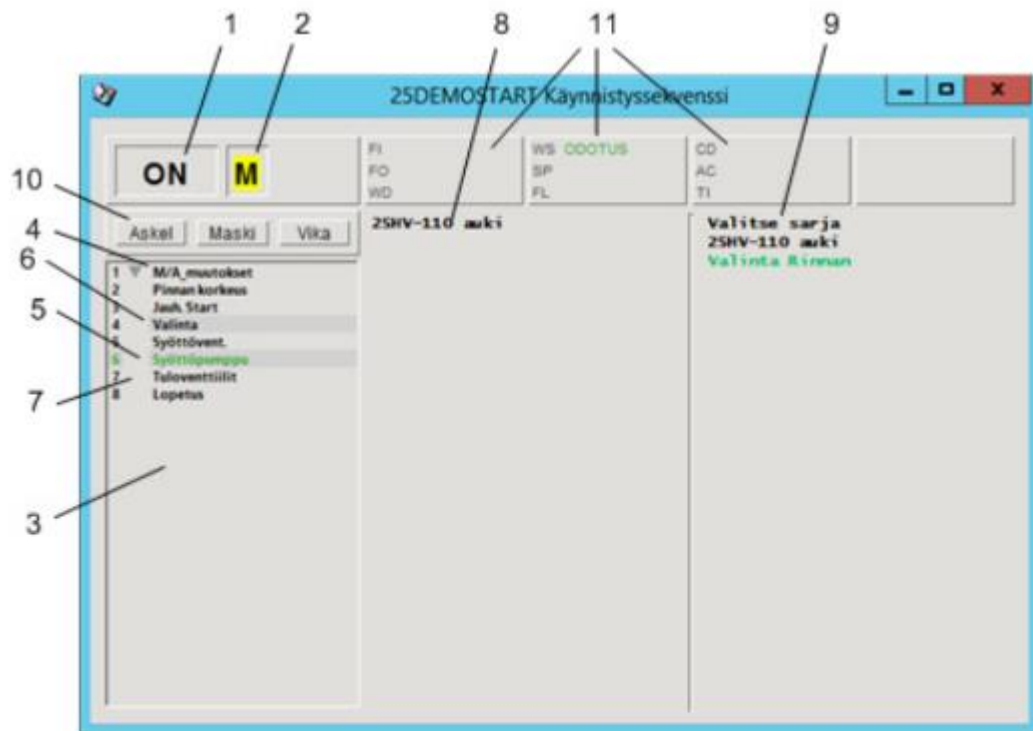
Tässä luvussa käsitellään eri prosessiautomaatiojärjestelmien tarjoamia mahdollisuuksia älykkääseen ohjeistukseen. Minkälaisia ominaisuuksia on saatavilla ja miten ominaisuuksia voisi hyödyntää ohjaamo-operaattoreiden ohjeistamiseen ja siten prosessin hallintaan.

4.1 Valmet DNA

Valmet DNA on suomalaisen Valmet Automation Oy:n kehittämä automaatio- ja tietojärjestelmä. DNA:ta käytetään monissa eri prosessiteollisuuden sovelluksissa. [16.]

Valmet DNA:ssa on käytettävissä sekvenssitoiminto. Sekvenssitoiminnolla pystytään suorittamaan tietyssä järjestyksessä tehtäviä toimintoja automaattisesti. Sekvenssissä voidaan asettaa jokaiselle askeleelle määriteltäviä täyttymisehtoja, ennen kuin sekvenssi voi edetä seuraavaan vaiheeseen, eli seuraavaan askeleeseen. Askeleen täyttymisehtona voi olla esimerkiksi tietyn prosessiosan paine, lämpötila tai aika, joka täytyy kulua ennen seuraavaa askelta. Operaattori seuraa sekvenssin etenemistä prosessinohjausnäytöltä ja tarvittaessa siirtää sekvenssin seuraavaan vaiheeseen tai pysäyttää sen. [17.]

Sekvenssi-ikkunassa (kuva 3) nähdään vasemmalla kaikki sekvenssin askeleet, keskellä valitussa askeleessa suoritettavat toimenpiteet ja oikealla ehtoikkuna. [17.]



1. Sekvenssin käyntitieto
2. Ohjaustaho
3. Sekvenssin askellista
4. Aloitusaskeleen merkki
5. Aktiivinen askel
6. Valittu askel
7. Taukoaskeleen merkki
8. Valitussa askeleessa suoritettavat toimenpiteet
9. Siirtoehdot valitusta askeleesta seuraavaan askeleeseen
10. Painikkeet
11. Tilatiedot

Kuva 3. Valmet DNA:n sekvenssin ikkunanäkymä.

4.1.1 Puhe- ja eleohjaus prosessinhallinnassa.

Puhe- ja eleohjauksen soveltumista prosessienhallintaan DNA-ympäristössä on tutkittu jonkin verran. Aiheesta on myös Lauri Lehtikunnas tehnyt diplomityön vuonna 2014. Puhe- ja/tai eleohjausta ei ole vielä kuitenkaan käytössä prosessiteollisuudessa. Vaihtoehtojen käytettävyyttä on tosin testattu prosessiteollisuuden ammattilaisilla. Niistä saatujen tulosten perusteella puhe- ja eleohjaus ovat vielä selvästi kehitysasteella eivätkä sellaisenaan sovellu prosessiteollisuuden käyttöön. [16.]

Diplomityössä kuitenkin havaittiin, että etenkin puheohjaus koettiin varsin hyväksi apuvälineeksi perinteisen hiiriohjauksen lisäksi. Puheohjauksella voisi toteuttaa ns. sekundäärisiä toimintoja eli toimintoja, joilla ei suoranaisesti ohjata prosessia, vaan avataan prosessinohjausnäyttöjä, historiatrendejä mittauksista ja niin edelleen. Haittatekijöiksi koettiin, että mahdolliset ohjaamon taustaaänet voivat haitata käskyjä ja puhekäskyjen antaminen tekisi ohjaamosta huomattavasti meluisemman ympäristön. [16.]

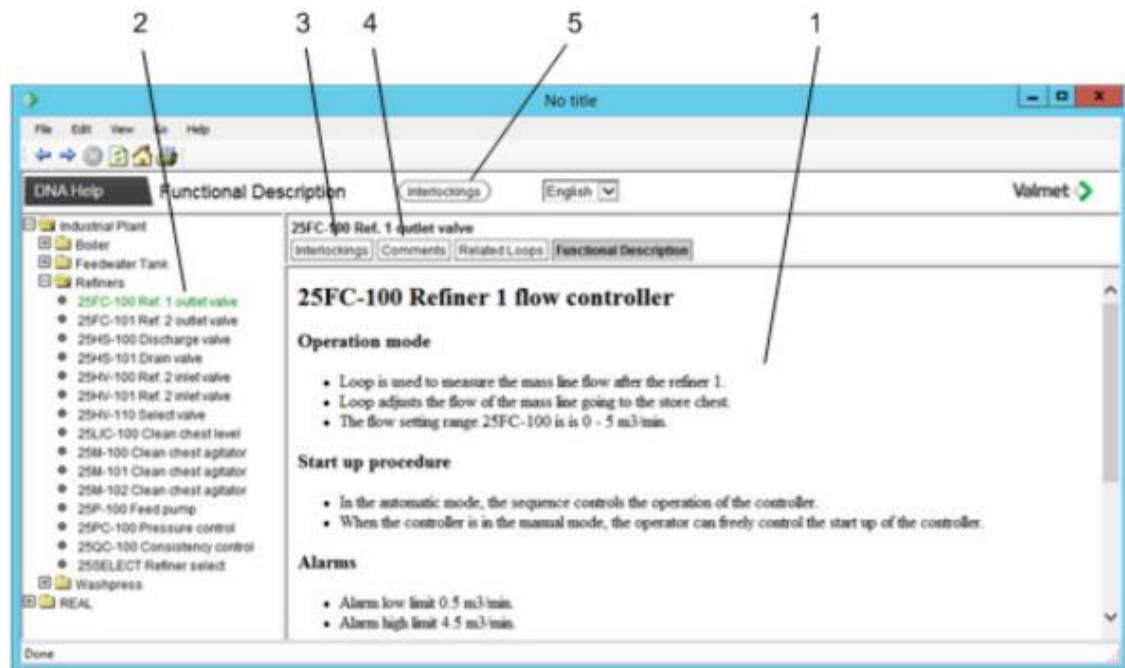
Eleohjauksen soveltuvuus prosessienhallintaan kokeiluissa oli koettu huomattavasti heikommaksi. Eleohjaus vaatisi ohjaamoon selvästi enemmän tilaa, ja mahdolliset muiden ohjaamossa työskentelevien henkilöiden eleet toisivat selviä häiriötekijöitä prosessinohjaukseen. Se antaisi kuitenkin operaattorille vapauden liikkua enemmän työpisteessään. Eleohjauksen mahdollisesti sopisi paremmin esimerkiksi esittelytilanteisiin, jossa asioita esitettäisiin suuremmalle yleisölle. [16.]

Puhe- ja/tai eleohjaus prosessienhallinnassa ei ole vielä nykypäivänä riittävän turvallinen ja vartenotettava vaihtoehto. [16.]

4.1.2 DNAhelp

DNAhelp on Valmetin DNA DCS-järjestelmissä oleva HTML-pohjainen apuohjelma. DNAhelpiin on Porvoon jalostamolla sisällytetty käytännössä vain yksikkökohtaiset toimintakuvaukset. Ohjelmalla on mahdollisuus myös esittää prosessin lukituskuvia, sekä kommentit-toiminnolla viestittää operaattoreille lukitukseen liittyvistä asioista. Lukitusnäytöille on tehty Nesteellä Valmet DNA:n DCS-kuvahierarkiassa omat sivunsa. Kommentit-toimintoa ei ole käytössä Porvoon jalostamolla. Kuvassa 4 on esitetty erilliseen ikkunaan avautuva toimintakuvaus. [17.]

Toimintovalikon kautta avautuvassa toimintakuvauksessa esitetään yleensä tiivistetty kuvaus piiristä osana prosessia. Joissakin sovelluksissa kaikilla prosessiin liittyvillä piireillä saattaa olla yksi yhteinen toimintakuvaus. Toimintakuvauksissa on yleensä kerrottu piirin tarkoituksesta, liittymisestä toisiin piireihin, käynnistystavasta, hälytyksistä ja toteutuksesta Valmet DNA:ssa. Toimintakuvauksista on mahdollista siirtyä tarkastelemaan piirin lukituksia tai kommentteja. Toimintakuvaukset avautuvat sovelluskohtaisesti joko omaan selainikkunaan tai samaan selainikkunaan lukitustietojen kanssa. [17.]



1. Toimintakuvaus
2. Prosessialueeseen kuuluvat piirit
3. Ko. piirin lukitukset (**Lukitukset**-välilehti)
4. Ko. piirin kommentit (**Kommentit**-välilehti)
5. Lukitusikkunan avaus -painike

Kuva 4. Valmet DNAhelp:n toimintakuvausikkuna

4.2 Honeywell Experion PKS

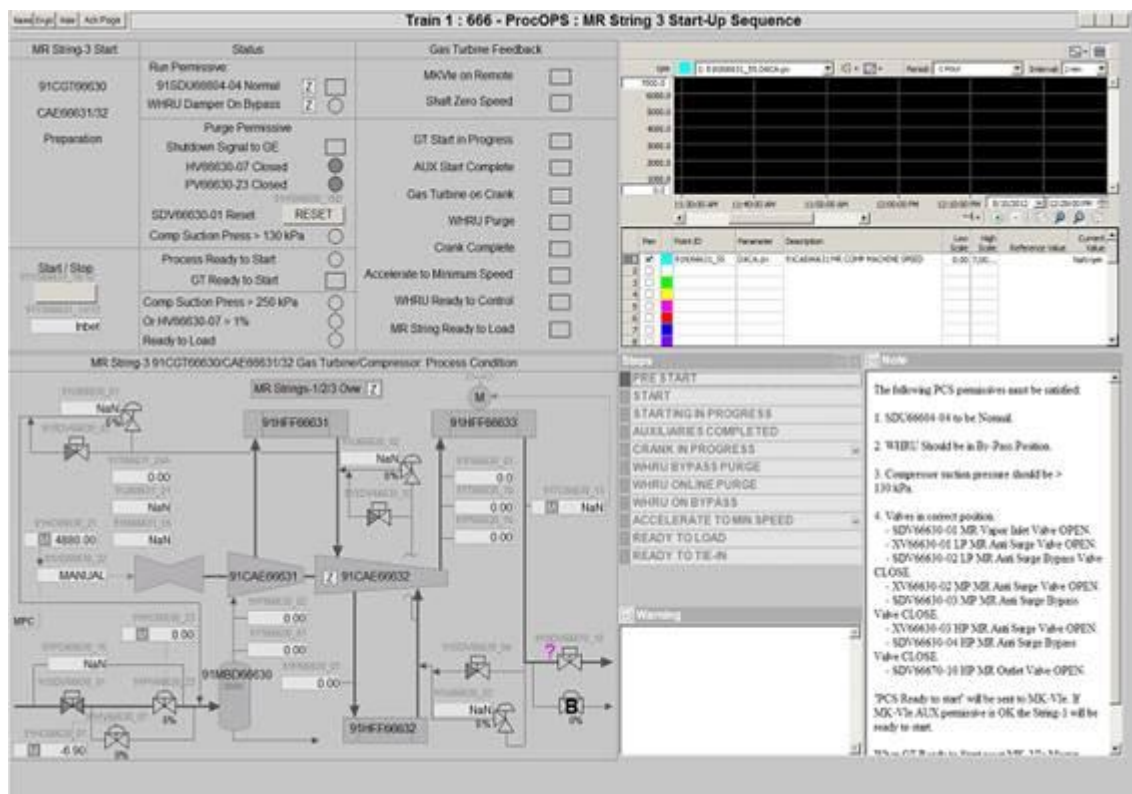
Honeywell on Yhdysvaltalainen prosessiteollisuuden tarpeisiin automaatiojärjestelmiä kehittävä ja tuottava yritys. Honeywell on toiminut alalla yli 40 vuotta ja Experion Process Knowledge System (PKS) on Honeywellin uusi innovaatio hajautetusta prosessinohjausjärjestelmästä (DCS). [18.]

4.2.1 Procedural Operations

Honeywell Experion PKS DCS-järjestelmässä prosessi on esitetty kolmessa kerroksessa. Ensimmäinen kerros on tarkoitettu prosessialueen tai laitoksen yleistilannekuvan esittämiseen. Toisessa kerroksessa on kuvattu prosessin ohjauksen yleisnäkymä. Kolmannessa kerroksessa esitetään yksityiskohtaisesti prosessin osaa. Procedural Operation on Experion PKS:ssä toimiva ohjeistus ja toimintojen seurantatyökalu. Sillä voidaan

esittää ohjeita ja tehtäviä toimenpiteitä piirikohtaisesta ohjeistuksesta, yksityiskohtaisiin prosessin ylös- ja alasajotilanteisiin. Erillisiin apuikkunoihin voidaan lisäksi avata prosessinohjausta helpottavia työkaluja, kuten ohje, lukitustiedot, sekvenssi jne. [19.]

Tiettyyn, ennalta määritellyyn tilanteeseen voidaan myös räätälöidä oma näkymä. Tällaisia tilanteita ovat mm. prosessin ylös- ja alasajotilanteet. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki tällaisesta näkymästä. Näytölle on aseteltu prosessinohjausnäkömään lisäksi ohje, trendi, varoitusikkuna jne. [19.]

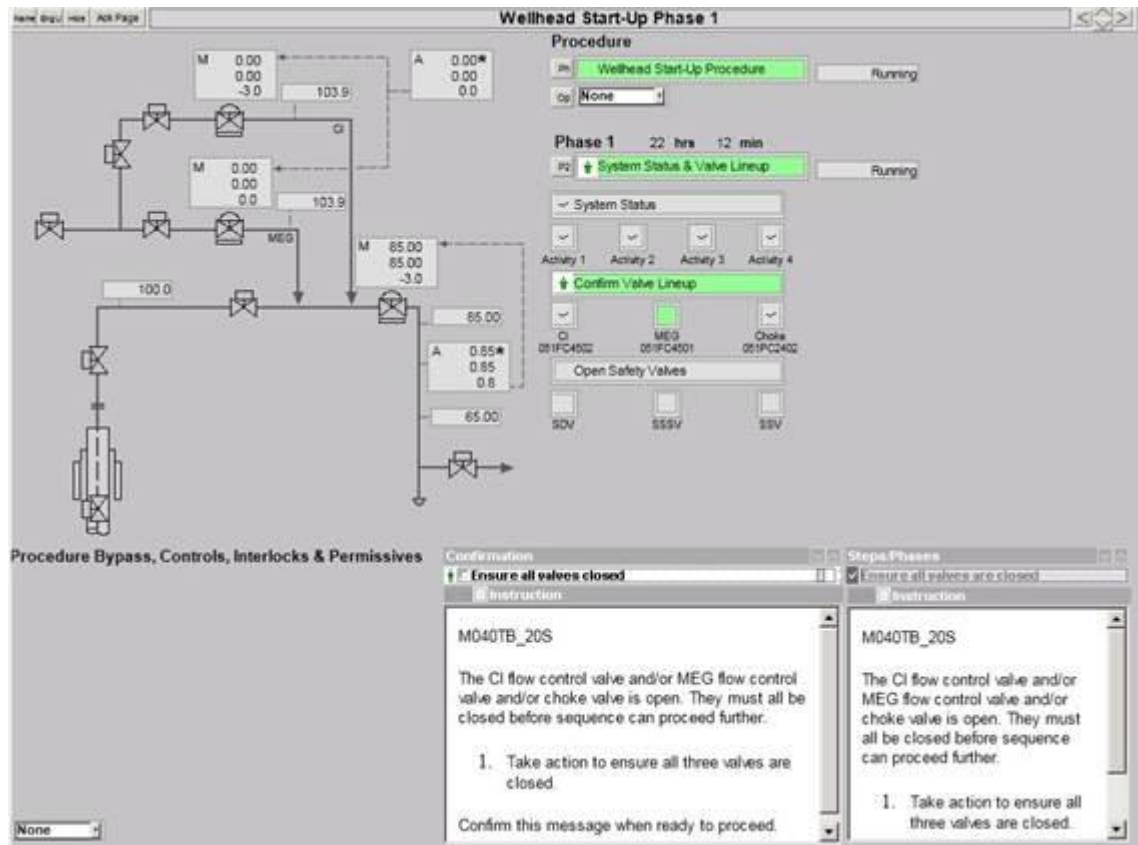


Kuva 5. Honeywell Experion PKS:n ylös- ja alasajotilanteita varten räätälöity apunäkymä.

Näkymä on suunniteltu siten, että siitä voidaan nähdä tärkeimmät seurattavat arvot prosessiyksikön ylös- tai alasajossa. Näkymät tulee suunnitella aina prosessikohtaisesti ja yrityksen toimintatapojen mukaisesti. [19.]

DCS:ään voidaan myös lisätä erillisiä, prosessikohtaisia, automatisoituja apunäkymiä. Apunäkymissä voidaan mm. kertoa prosessin nykytilasta, näyttää sekvenssin ehtoja tai

tietoja tehtävistä toimenpiteistä. Kuvassa 6 on esitetty prosessinohjausnäyttö jossa liitetynä apunäkymä. Apunäkymien ansiosta voidaan prosessia ohjata ja tarkastella ohjeita samalta näytöltä. [19.]



Kuva 6. Honeywell Experion PKS:n automatisoidut apunäkymät.

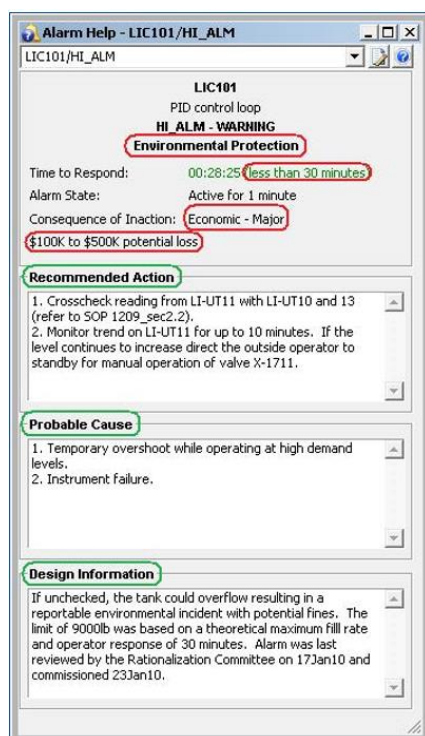
4.3 Emerson Delta V

Amerikkalainen automaatiojärjestelmiä tuottava ja kehittävä yritys. Emerson tuottaa automaatiojärjestelmiä kodin ja teollisuuden tarpeisiin. Ohessa tarkastellaan Emerson DeltaV DCS-järjestelmää ja sen tarjoamia mahdollisuuksia älykkääseen ohjeistukseen prosessiautomaatiojärjestelmässä. [20.]

4.3.1 Alarm help ja Alarm mosaic

Alarm help on Emersonin Delta V DCS-järjestelmään saatava lisäosa. Kun prosessissa tapahtuu muutos johon vaaditaan operaattorin reagointia, tulee DCS-järjestelmään hälytys. Alarm helpin avulla voidaan jokaiselle hälytykselle antaa lisätietoja, jotka voidaan avata useasta paikasta prosessinohjausnäytöltä. Prosessinohjausnäytölle avautuva ikkuna on esitetty kuvassa 7. Lisätietoihin voidaan sisällyttää esimerkiksi hälytyksen mahdolliset syyt, seuraukset, varmistettavat asiat sekä tehtävät toimenpiteet. Alarm help -ikkunassa on käytettävissä kuusi muokattavaa kohtaa: toiminnallinen luokittelu, toimetomisuuden seuraukset, reagointiaika, sekä lisäksi kolme erillistä tekstilaatikkoa, joihin voidaan kirjoittaa vapaasti esimerkiksi hälytyksen mahdollisia syitä ja suositeltavia toimenpiteitä. [21.]

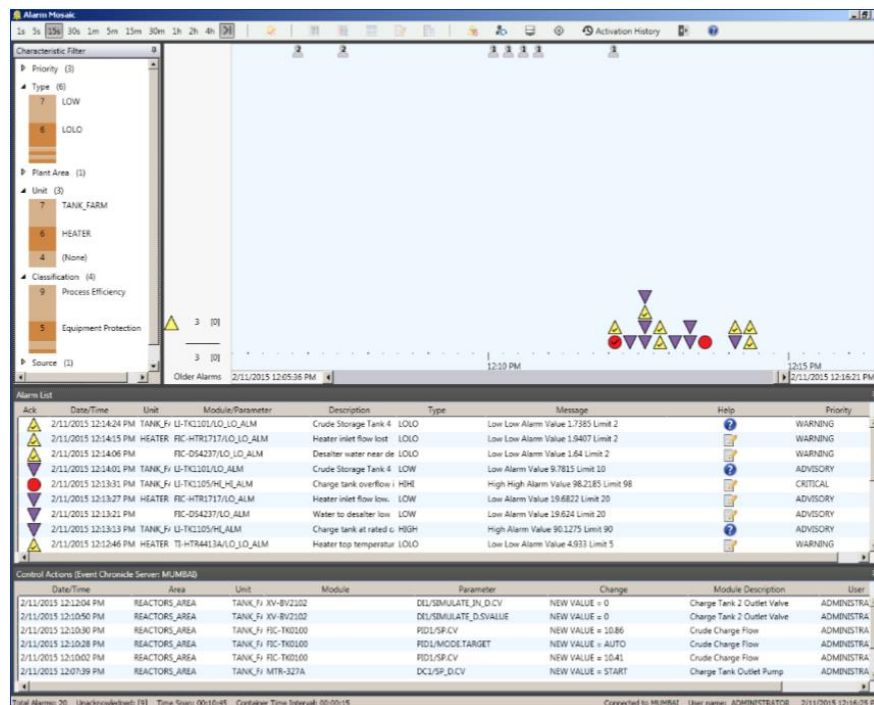
Alarm helpiin on sisällytetty myös ohjeistuksia, joita noudattamalla operaattori voi mahdollisesti ehkäistä suurempien prosessihäiriöiden syntymistä. Tällainen ohjeistus on usein erittäin kallisarvoista, koska prosessista muistettavia ja/tai tehtäviä asioita on paljon ja monien arvojen tarkistaminen voi viedä runsaasti aikaa. [21.]



Kuva 7. DeltaV:ssä avautuva Alarm help -ikkuna.

Kun prosessista tulee hälytystulva, eli suuri määrä hälytyksiä, hyvin lyhyen ajan sisällä, joutuu operaattori etsimään tärkeimmät hälytykset hälytyslistalta. Hälytyslistan seuranta vie aikaa prosessinseurannalta ja voi aiheuttaa viiveitä prosessimuutosten hallinnassa. Delta V:n hälytystenhallinnalla voidaan vähentää tulevien hälytysten määrää eli tulvaa, maskaamalla niitä hälytyksiä, jotka ovat seurausta ensimmäisestä hälytyksestä. Esimerkiksi jos prosessipumppu pysähtyy, tulee pumpun käyntitiedosta, painepuolen paineesta, virtauksesta ja mahdollisesti pumpun jälkeisen säiliön pinnasta hälytys. Dynaaminen hälytystenhallinta antaa vain yhden hälytyksen pumpun pysähtymisestä ja maskaa kaikki muut kyseiseen prosessin osaan liittyvät hälytykset, jolloin hälytyslistasta tulee luettavuudeltaan selvempi. Hälytystenhallinnan muokkaaminen tapahtuu prosessikohdaisesti ja voi olla erittäin aikaa vievää ja kallis toteuttaa. [22.]

Alarm mosaic -ohjelma on vaihtoehtoinen ratkaisu suurempien hälytystulvien hallitsemiseksi. Hälytykset on esitetty visuaalisina symboleina aikajanalla, josta voidaan havaita helposti ensimmäisenä tulleet hälytykset. Hälytys-symboleita tarkastelemalla voidaan avata tietyn hälytyksen Alarm help -ikkuna. Mosaic -ohjelma ei poista tai maskaa hälytyksiä, ainoastaan esitystapa on muutettu visuaaliseksi ja käyttäjän kannalta selkeämmäksi. Mosaic -hälytysikkuna on esitetty kuvassa 8. [22.]



Kuva 8. Delta V Mosaic -hälytysikkuna

4.4 Muut mahdollisuudet

Muita mahdollisuuksia tarkasteltaessa keskitytään sellaisiin tekijöihin, jotka eivät ole automaatiojärjestelmäkohtaisia.

4.4.1 HMI

Abnormal Situation Management (ASM) Consortiumin tutkimusten mukaan prosessin ohjausnäyttöjen suunnittelu ja asettelu ovat suuressa roolissa kehitettäessä toimivaa käyttöliittymää (HMI, human machine interface). Prosessinohjausnäkökuvat tulisi asettaa loogiseen järjestykseen ohjausnäytöille sekä kuvahierarkiaan. Prosessin kannalta kriittisimpien trendien, säätimien ja arvojen näkyminen näytöiltä nopeasti parantaa operaattorin reaktiokykyä. Operaattori pystyy saamaan prosessista nopeammin kokonaisvaltaisen kuvan. Prosessinohjauskuvien, trendien ja säätimien asettelu näytölle tulee kuitenkin suunnitella siten, etteivät ne tule päällekkäin ja siten haittaa prosessinohjausta. [23.]

Nykyaikaiset kosketusnäytölliset tabletit ovat mahdollistaneet uudentyyppisen lähestymistavan operaattoreiden ja prosessin välille. Vaikka normaalisti prosessinohjaus tapahtuu keskitetysti ohjaamosta, mahdollistaa tablettien käyttö prosessin tarkastelun myös kenttäolosuhteissa.

Honeywell Experion Orion Console edustaa uudentyyppistä tapaa esittää prosessia. Siinä useat pienemmät näytöt on korvattu muutamalla isommalla, korkearesoluutionäytöllä. Perinteiset hiiri ja näppäimistö on korvattu kosketusnäytöllisellä paneelilla.

4.5 Yhteenveto

Usealla prosessiautomaatiojärjestelmätoimittajalla on valmiita pohjia ohjeistuksen toteuttamiseen DCS-järjestelmässä. Nesteellä näitä järjestelmiä ei kuitenkaan ole juuri-kaan käytössä, ja tämän insinööriyön aikana niistä riittävän hyvän kokemuksen saaminen oli käytännössä mahdotonta.

Emerson DeltaV AlarmHelpin ja Honeywell Procedural Operationsin tarjoamia ohjeistumalleja kannattaisi testata käytännössä, jotta niistä saisi riittävästi kokemusta. Testauksessa tulisi huomioida jalostamon ja operaattoreiden tarpeet.

Erilaiset sekvenssi-ikkunat voisivat soveltua hyvin reaaliaikaisen tarkistuslistan pohjaksi. Sekvenssi-ikkunan tulisi olla sellainen, ettei se aiheuttaisi hälytyksiä tai estäisi mitenkään prosessin ohjaamista.

5 Operoinnin tarpeet

Luvussa käydään läpi tällä hetkellä jalostamolla aktiivisesti käytössä olevat ohjeet. Lisäksi ohjaamo-operaattoreille tehtiin kysely eri ohjetyyppien soveltuvuudesta erilaisiin tilanteisiin, kuten häiriönhallintaan, sekä ylös- ja alasajoihin. Kysely tehtiin syksyllä 2016.

5.1 Tällä hetkellä käytössä olevat ohjeet

Operaattorit käyttävät pääasiassa OQD-ohjejärjestelmän ohjeita. OQD-ohjejärjestelmä on ainut virallinen ohjejärjestelmä jalostamolla. Erillisen luotettavuusprojektin myötä OQD-ohjeisiin on lisätty myös nopeampilukuisia pikaohjeita. Pikaohjeisiin on sisällytetty vain tärkeimmät asiat ja ohjeen käyttö vaatii operaattorilta enemmän pohjatietoa. Pikaohjeet on luotu erityisesti häiriöiden hallintaa ajatellen, kun pitkien ohjeiden lukemiseen ei ole aikaa. [15.]

Käytössä on myös muita ohjekanavia, joita on käsitelty luvussa 3.3 Ohjeet jalostamolla.

5.2 Operoinnin ohjetarpeiden kartoitus

Ohjaamo-operaattoreille tehtiin kirjallinen kysely siitä, minkälaiset ohjeet he kokevat toimiviksi eri tilanteissa (normaali operointi, ylös- ja alasajot, sekä häiriöt). Kyselyyn osallistui operaattoreita tuotantolinjoilta 1–4 ja valmistuksesta. Kysely tehtiin kaikille vuoroille, ja siihen vastaaminen oli vapaaehtoista. Kyselyyn vastasi yhteensä 95 henkilöä. Kyselylomake on esitetty liitteessä 1.

Kysely toteutettiin työn ohessa elo- lokakuussa 2016. Kysely tehtiin jokaiselle vuorolle kerran. Se ei kuitenkaan tavoittanut kaikkia ohjaamo-operaattoreita. Saatujen vastausten määrä on kuitenkin hyvä ja siitä pystytään tekemään johtopäätöksiä.

5.2.1 Tulosten käsittely

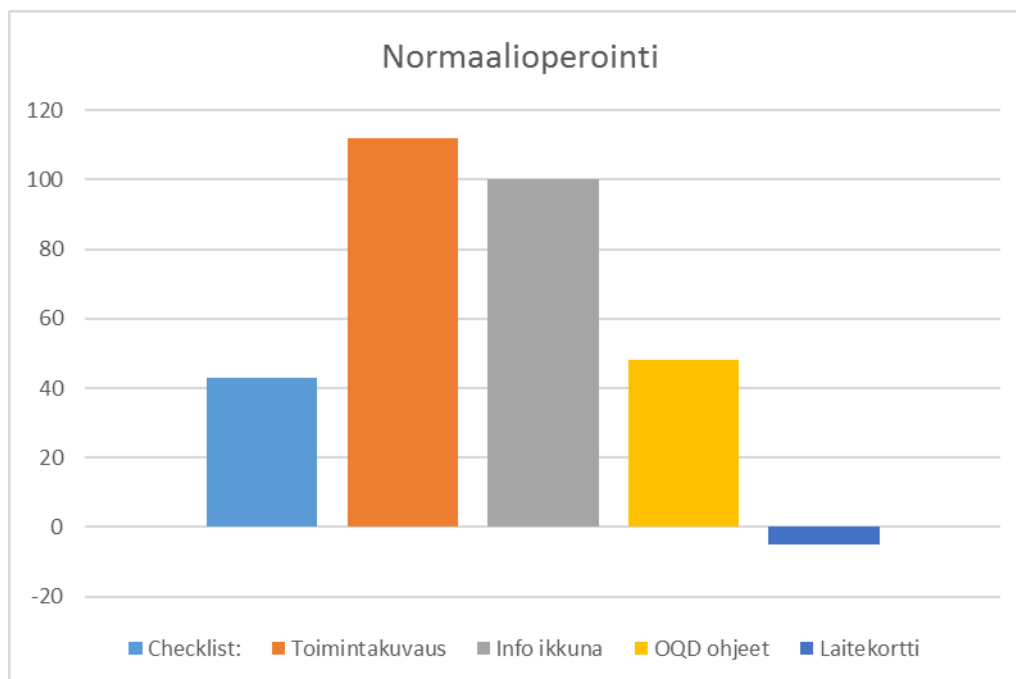
Kyselyssä vastaukset annettiin rasti ruutuun periaatteella. Vastausvaihtoehtoja oli 5, joista 1 tarkoitti täysin eri mieltä ja 5 täysin samaa mieltä. Saadut vastaukset pisteytettiin taulukon 1 mukaisesti. Vastausta kolme pidetään neutraalina, joten se ei vaikuta tulostenkäsittelyyn. Tuloksia käsitellessä tehtiin pylväskaaviot jokaisesta operointitilanteesta.

Taulukko 1. Pisteytys

Vastaus	1	2	3	4	5
Pisteet	-2	-1	0	1	2

5.2.2 Normaalioperointi

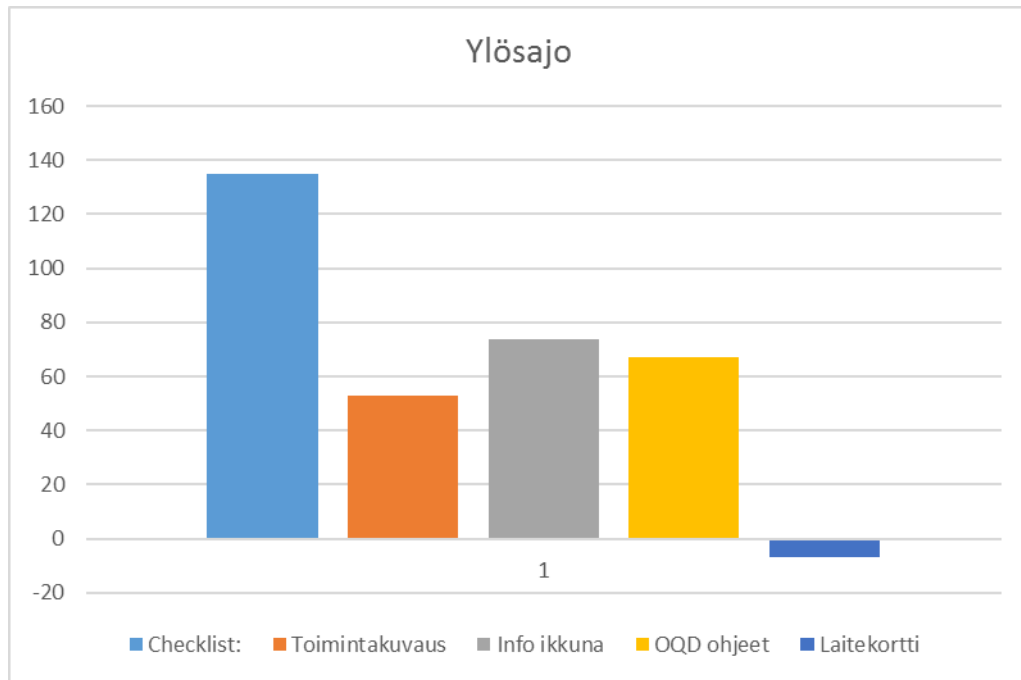
Normaalioperoinnilla tarkoitetaan kaikkea laitoksen käynninaikaisia operointeja. Erilaiset yksiköiden optimoinnit tai ajotapamuutokset ovat hyvä esimerkki normaalioperoinnista. Kuvasta 9 havaitaan, että kyselyssä eniten kannatusta ovat saaneet toimintakuvaus ja infoikkuna. Toimintakuvauksissa on selitetty hyvin yksityiskohtaisesti säätimien toimintaa ja operointiarvoja. Toimintakuvaus on kuitenkin melko seikkaperäisesti kirjoitettua, ja sieltä oikean tiedon löytäminen voi viedä aikaa. Ehkä juuri tästä syystä toimintakuvaus on koettu hyödyllisimmäksi juuri normaalioperoinnissa, kun yksiköiden toimintaan tarkemmin syventymiseen on enemmän aikaa. Kyselyssä esitettyä infoikkunamallia ei ole käytössä Porvoon jalostamolla, mutta kyselyn perusteella voidaan todeta, että sille olisi kuitenkin kysyntää. Kyselyssä esitetty malli infoikkunalle koettiin helpoksi tavaksi saada tietoa yksiköiden seurantaan liittyvissä asioissa.



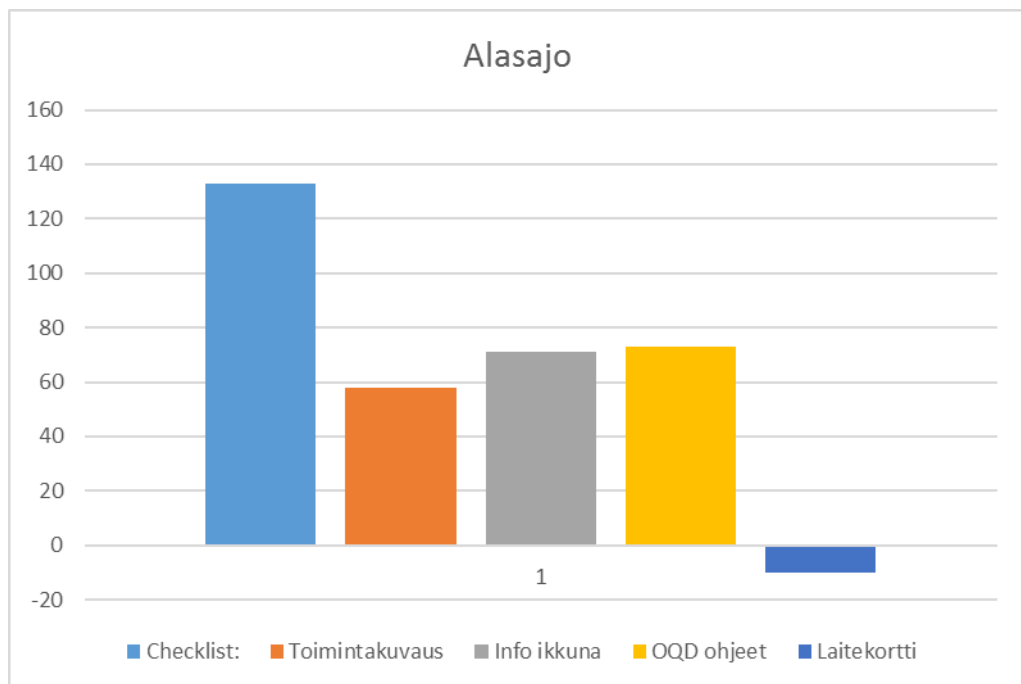
Kuva 9. Kyselyn tulokset normaalioperoinnista pylväskaaviomallina.

5.2.3 Ylös- ja alasajo

Prosessiyksiköiden ylös- ja alasajot ovat proseduureiltaan melko samanlaisia. Myös kyselyssä tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan, ja siksi niitä ei tarvitse verrata erikseen. Porvoon jalostamolla on useissa prosessiyksiköissä käytössä erilaisia seuranta/tarkistuslistoja. Prosessin luonteesta riippuen käytetään myös mm. rampitustaulukoita. Edellä mainittuja dokumentteja ei kuitenkaan voi avata suoraan prosessinohjausnäytölle. Ehkä juuri käytössä olevien listojen/taulukoiden ansiosta tarkistuslista mielletään myös kyselyn tulosten perusteella selvästi parhaimmaksi vaihtoehdoksi ylös- ja alasajoissa. Kyselyyn osallistuneista peräti 57 henkilöä antoi täydet pisteet tarkistuslista-tyyppiselle ohjeelle. Tulokset on esitetty kuvissa 10 ja 11.



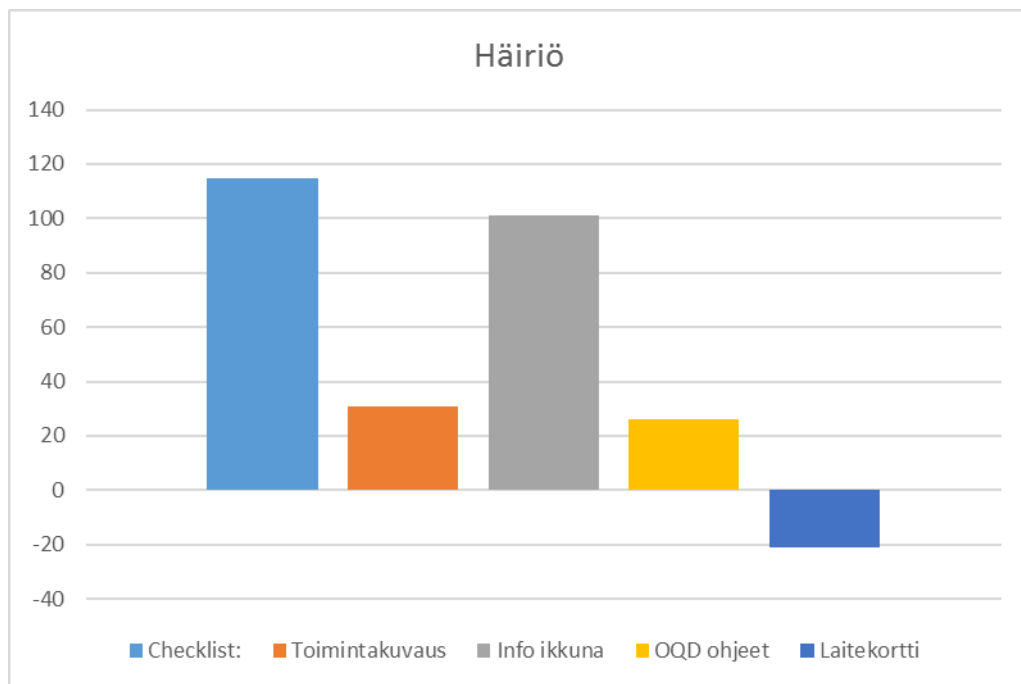
Kuva 10. Kyselyn tulokset ylösajosta pylväskaaviomallina.



Kuva 11. Kyselyn tulokset alasajosta pylväskaaviomallina.

5.2.4 Häiriö

Häiriötilanteiden ohjeistaminen on erittäin haastavaa, sillä erityyppisiä häiriöitä voi olla todella paljon. Jokainen prosessiyksiköissä tapahtuva häiriö on käytännössä erilainen ja niihin ohjeella varautuminen haastavaa. Häiriöissä tulee kuitenkin pyrkiä pitämään yksikön kriittisimmiksi luokitellut asiat hallinnassa. Operaattorilla täytyy olla tarvittavat tiedot nopeasti ja kootusti saatavilla. Häiriötilanteissa eritasoisia hälytyksiä voi tulla jopa tuhansia, ja niistä on poimittava häiriön hallinnan kannalta kriittisimmät. Tarkistuslista sekä infoikkunatyypiset ohjeet saivat selvästi muita paremman arvion hyödyllisyydestä häiriönhallinnassa. Toimintakuvauksesta sekä OQD-ohjeista koettiin olevan vähemmän hyötyä kuin muissa kyselyn tilanteissa. Kuvassa 12 on esitetty kyselyn tulokset häiriötilanteessa.



Kuva 12. Kyselyn tulokset häiriöstä pylväskaaviomallina

6 Ohjeistuksen toteutus

Luvussa kerrotaan valitusta menetelmästä, joilla ohjeesta tehdään kokeiluversio. Menetelmää sovelletaan VY2:n kuumakäynnistyksen pikaohjeen 1 liitteeseen, OQD-9326/1. Työn aikana havaitut kehityskohteet on kuvattu myös tässä luvussa.

6.1 Valittu menetelmä

Työn aikana tuli esille runsaasti tarkastelua vaativia vaihtoehtoja. Toteutukseen parhaiten sopisi joko infoikkuna tai reaaliaikainen tarkistuslista. Infoikkunan avulla saataisiin kerrottua tarkkoja tietoja tietyistä prosessilaitteesta esimerkiksi käynnistystä ajatellen (pumpun minimivirtaus, varoventtiilin laukeamispaine, vaadittu lämpötila jne). Tarkistuslista soveltuu paremmin suurempien kokonaisuuksien seurantaan alusta loppuun (uunin sytytys, kompressorin käynnistys).

Operaattoreille suoritettua kyselyä havaittiin, että etenkin häiriötilanteissa, sekä ylös- ja alasajotilanteissa tarkistuslista oli hyödyllinen. Voidaankin todeta, että eri toimialoilla tehdyissä tutkimuksissa tarkistuslista on noussut keskeiseen rooliin etsittäessä tehokasta toimintamallia virheiden ehkäisyyn.

Kokenut operaattori pystyy käyttämään hyvin suunniteltua tarkistuslistaa oman osaamisen tukena, kronologisena muistilistana. Kaikki kriittisimmät toimenpiteet tulee suoritettua oikeassa järjestyksessä. Etenkin yövuoroissa, kun vireystaso ei välttämättä ole parhaimmalla tasolla, hyvän ja selkeän ohjeen merkitys korostuu. [24, s. 62–64].

Edellä mainittujen tulosten seurauksena toteutustavaksi valikoitu tarkistuslistan muuttaminen reaaliaikaisesti päivittyvään malliin. Seuraavaksi tarkastellaan Porvoon jalostamon Vety-yksikkö 2:n kuumakäynnistyksen pikaohjetta, jossa on esitetty kriittisimmät tehtävät toimenpiteet kuumakäynnistyksen aikana. Tämä on olennainen asia, koska varsinaista sisältöä ei ohjeeseen olla tuottamassa tätä työtä tehdessä. Kaikki informaatio tarkistuslistaan otetaan jo olemassa olevista ohjeista.

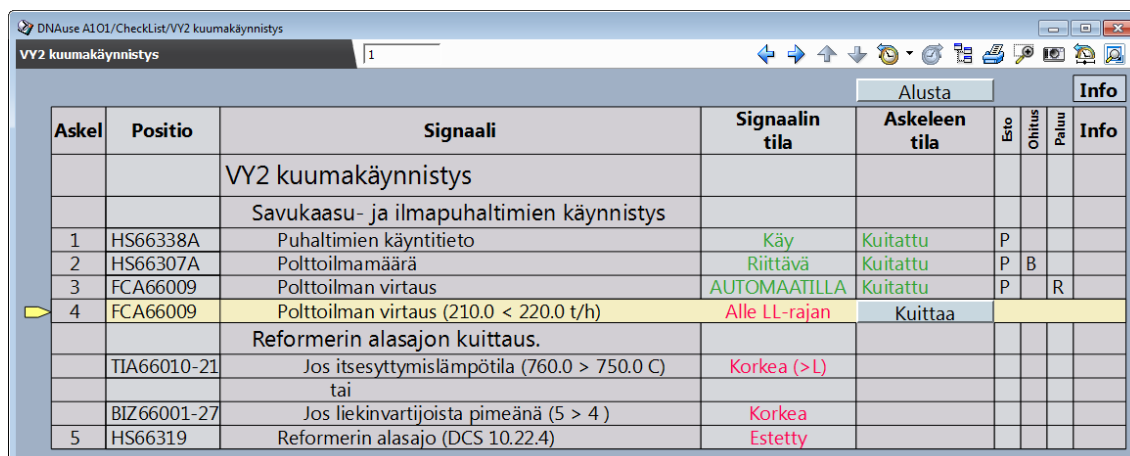
VY2-prosessia ohjataan Valmet DNA DCS-järjestelmällä ja siten myös ohje pyritään toteuttamaan kyseiseen järjestelmään.

6.2 Toteutus Vety-yksikkö 2:ssa

Vety-yksikkö 2:n kuumakäynnistyksen pystyy suorittamaan silloin, kun laitos on toipunut lyhyestä häiriöstä ja yksikössä on vielä riittävästi lämpöä, ettei syötettävä höyry pääse lauhtumaan.

Ohjeen ulkoasu muutettiin vastaamaan ulkoasultaan lähes NASA:n NTSB:lle suosittelemaa tarkistuslistan ulkoasua [25, s. 14]. Koska ohje toteutetaan automaatiojärjestelmään, voidaan siihen lisätä ”efektejä”. Suoritettavat toimenpiteet tai saavutettavat mittausarvot esitetään ohjeessa punaisella tai vihreällä taustavärillä, riippuen siitä toteutuuko ehto tai arvo. Punaisella taustavärillä tarkoitetaan, että ehto ei täyty ja vihreällä, että täyttyy. Ohje etenee johdonmukaisesti ylhäältä alas ja siinä on esitetty päävaiheet, jotka ohjaamo-operaattorin tulee tehdä yksikön kuumakäynnistyksessä. Jokaista vaihetta pystytään seuraamaan, linkittämällä prosessista suoraan haluttuja tila- tai mittaus-tietoja tarkistuslistaan. Tällä tavalla tarkistuslista päivittyy aina automaattisesti prosessin mukaan. Pikaohjeen online version havainne kuva on esitetty liitteessä 2.

Ohjeesta tehtiin työpyyntö Valmetille. Työpyynnössä ehdotettiin tietynlaista tarkistuslistan ulkoasua ja joitain toimintoja, joita haluttiin sisällyttää ohjelmaan. 4.4.2017 pidetyssä palaverissa Valmetin edustajat esittelivät oman demoversionsa tarkistuslistasta. Demoversion ulkoasu on muutettu paremmin automaatiojärjestelmään soveltuvaksi. Ulkoasu on esitetty kuvassa 13. Palaverissa käsiteltiin tarkistuslistan toimintaa ja keskusteltiin kohdatuista ongelmista ja havaituista huomioista.



Askel	Positio	Signaali	Signaalin tila	Askeleen tila	Est.	Ohitus	Paluu	Info
		VV2 kuumakäynnistys						
		Savukaasu- ja ilmapuhaltimien käynnistys						
1	HS66338A	Puhaltimien käyntitieto	Käy	Kuitattu	P			
2	HS66307A	Polttoilmamäärä	Riittävä	Kuitattu	P	B		
3	FCA66009	Polttoilman virtaus	AUTOMAATILLA	Kuitattu	P		R	
4	FCA66009	Polttoilman virtaus (210.0 < 220.0 t/h)	Alle LL-ajan	Kuittaa				
		Reformerin alasajon kuittaus.						
	TIA66010-21	Jos itsesytymislämpötila (760.0 > 750.0 C)	Korkea (>L)					
		tai						
	BIZ66001-27	Jos liekinvartijoista pimeänä (5 > 4)	Korkea					
5	HS66319	Reformerin alasajo (DCS 10.22.4)	Estetty					

Kuva 13. Tarkistuslistan automaatiojärjestelmässä näkyvä ulkoasu

Tarkistuslista kerää tiedot erillisen Excel- tiedoston pohjalta. Taulukkoon on kerätty tarkistuslistan mukaiseen järjestykseen tarkasteltavat mittaukset ja ohjaukset. Tarkistuslistan yksityiskohtia ei tässä työssä käydä läpi. Osa toiminnoista on vielä selvityksessä ja kokonaisen tarkistuslistan tekeminen kesken. Tässä insinööriyössä luotiin vaihtoehtoinen perusta tarkistuslistalle jatkoselvityksiä varten.

6.3 Kehityskohteet

Työssä kävi ilmi, että ohjeistukseen ja hälytysten hallintaan liittyvien lisäohjelmien, kuten Honeywell ProcOps ja Emerson Mosaic, taustalla on varsin paljon tutkimustyötä ja kokemusperäistä tietoa aiemmin sattuneista onnettomuuksista ja prosessihäiriöistä. Lisäohjelmat on suunniteltu siten, että ne tukevat operaattoreita päivittäisissä operoinneissa ja ennen kaikkea häiriötilanteissa, jolloin työkuorma kasvaa nopeasti ja keskittymien tärkeimpiin operointikohteisiin on tärkeää.

Insinööriyössä tehdystä reaaliaikaisen tarkistuslistan toimivuudesta olisi hyvä saada käytännön kokemusta, jotta sitä pystyttäisiin arvioimaan realistisesti. Tarkistuslista herätti kuitenkin laajaa mielenkiintoa automaatio- ja operointi-osastoilla.

Tarkistuslistasta tehty malli on ulkomuodoltaan hyvin paljon NASA:n NTSB:lle teettämän suosituksen mukainen [25, s. 14]. Ulkoasua olisi kuitenkin hyvä tarkastella vielä uudelleen, kun sen käytöstä on saatu kokemusta ja tarvittaessa muokata siitä ohjaamo-operaattoreille helpompilukuisempi.

Nesteellä on käytössä erittäin suppeasti automaatiojärjestelmätoimittajien lisäohjelmia tai DCS-järjestelmiin tarjoamia ominaisuuksia. Esimerkiksi Honeywell procedural operations- ja Emerson Alarmhelp -sovellusten hyötyjä tulisi tarkastella operointiosaston näkökulmasta.

7 Yhteenveto

Erilaisia ohjemalleja on olemassa paljon. Ohjeiden ulkoasu voi vaihdella alakohtaisesti todella radikaalisti. Ei ole olemassa yhtä oikeaa ohjemallia, vaan ohjeen esitystapoja tulee tarkastella aina tapauskohtaisesti. Tarkistuslista-tyyppinen ohjemalli valikoitui hyvin nopeasti lähemmin tarkasteltavaksi ohjemalliksi.

Erilaisia tutkimuksia parhaista ohjekäytännöistä on paljon, ja ne käsittelevät vahvasti ihmisten erilaista kykyä lukea ja ymmärtää ohjeita. Tutkimuksia aiheeseen liittyen on tehty paljon, mutta käytännössä kaikki oli englanninkielisiä. Kielimuuri aiheutti päänsäivaa tietoa etsiessä, mutta samalla myös englannin kielen taito parantui insinööriyön tekijällä.

Kyselyn perusteella DCS:ään lisättävä infoikkuna koettiin hyväksi vaihtoehdoksi ohjeistamiseen. Tätä aihetta ei insinööriyössä käsitelty, mutta se tarjoaa hyvän pohjan jatko-tutkimuksille.

Nesteellä on oma OQD-ohjejärjestelmä ja sinne on sisällytetty kaikki yhtiön ohjeet. Ohjeet on tehty samalle pohjalle, joten niiden esitystapa on hyvin samankaltainen. Käytössä on myös sekalainen määrä epävirallisia ja erityyppisiä laiteohjeita, tarkistuslistoja ja rampitustaulukoita, joilla ei ole määriteltyä ylläpito-ohjelmaa. Ne muodostavat selkeän toiminnallisen riskin operoinnissa. Reaaliaikaisesti päivittyvä tarkistuslista ei välttämättä ole ratkaisu tähän ongelmaan, mutta se antaa vaihtoehtoisen ohjeistuskanavan ohjaamo-operaattoreille.

Insinööriyön aihe oli haastava ja laaja. Ohjeita luotaessa tulee keskittyä paljon myös ihmisen kykyyn sisäistää ohjetta. Erityisesti monissa tutkimuksissa keskityttiin erittäin vahvasti juuri ihmisen kykyyn ymmärtää ohjeita.

Tarkistuslistasta saatiin toteutettua ensimmäinen demoversio, joka koettiin hyväksi pohjaksi, ja se herätti mielenkiintoa jalostamalla. Täysin valmiin tarkistuslistan toteutus veisi kuitenkin liikaa aikaa, ja sitä ei tämän insinööritöön aikana tehty valmiiksi asti.

Työ oli mielentuntoinen tehdä ja toteuttaa.

Lähteet

- 1 Yritysesittely. 2017. Neste Oyj. Sisäinen dokumentti. Luettu: 20.2.2017
- 2 Vety-Yksikkö 2:n prosessinkuvaus. Neste Oyj. Sisäinen dokumentti.
- 3 Experion Procedural Operations Solutions. 2012. Verkkodokumentti. Honeywell. Saatavissa: <<https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/notes/PIN-Experion-Procedural-Operations.pdf>>. Luettu 15.2.2017.
- 4 Bullemer P. T. & Reising D. V. C. Managing Human Reliability: An Abnormal Situation Management Historical Perspective. 2015. Verkkodokumentti. Saatavissa: <https://www.asmconsortium.net/Documents/Managing%20Human%20Reliability_MKOC15_Bullemer%20and%20Reising_Final.pdf>. Luettu 13.2.2017
- 5 Kucharyson R. 2007. Best Practices and Tools for Optimized Procedure Management and Execution. White Paper. <https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/whitepapers/EffectiveProcOps_WP_Dec07.pdf>. Luettu 16.1.2017.
- 6 Williams Olefins Plant Explosion and Fire, Williams Olefins Case Study. 2016. U.S. Chemical Safety Board. Geismar. LA.
- 7 BP America Refinery Explosion, Final Investigation Report. 2007. U.S. Chemical Safety Board. Texas City, TX.
- 8 Tosco Avon Refinery Petroleum Naphta Fire, Final Investigation Report . 2001. U.S. Chemical Safety Board. 2001. Martinez, CA.
- 9 CCPS & AIChE. 1996. Guidelines for Writing Effective Operating and Maintenance Procedures. New York, NY.
- 10 Pesonen E. 2011. Leikkauslistan vaikutus potilasturvallisuuteen. Artikkelijulkaistu FINNANEST 2011/44. Luettu 12.12.2016.
- 11 Degani, A., & Wiener, E. L. 1993 Cockpit checklists: Concepts, desing and use. Verkkodokumentti. <<https://ti.arc.nasa.gov/profile/adevani/procedure-design>>. Luettu 1.2.2017.
- 12 Vänni R. 2016. Emergency preparedness investigation and emergency procedure for oil industry. Insinööriyö.
- 13 Holmberg M. 2014. Leikkaustiimin tarkistuslistan käyttö Suomessa. Syventävä tutkielma. Verkkodokumentti. <<https://www.thl.fi/docu->

ments/584227/601353/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6+-+Leikkaustiimin+tarkistuslista+syv%C3%A4rit+final.pdf/28ba6862-446f-4d19-8f45-4649c13090c1>. Luettu 12.12.2016.

- 14 Korpela J. 2012. Ohjeen kirjoittaminen, verkkodokumentti. <<https://www.cs.tut.fi/~jkorpela/kirj/7.7.html>> luettu 21.9.2016
- 15 Suursalmi T. 2017. Tuotantolinja 4 Käyttömestari. Neste Porvoon Öljynjalostamo, Kulloo. Keskustelu 2.3.2017.
- 16 Lehtikunnas, L. 2014. Puhe- ja eleohjaus prosessinhallinnassa, diplomityö. Luettu: 10.10.2016.
- 17 DNA Operate -käyttöohje. 2016. Valmet DNA operate.
- 18 About Us. Honeywell. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<https://www.honeywell-process.com/en-US/about-us/Pages/default.aspx>>. Luettu 12.1.2017.
- 19 Piik, Harri. 2017. Honeywell Experion PKS, Procedural Solutions. Sähköpostikeskustelu 2017.
- 20 About us. Emerson. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<http://www.emerson.com/en-us/about-us>>. Luettu 14.2.2017.
- 21 Emerson DeltaV Distributed control system, White paper, Alarm help. 2016. Verkkodokumentti. saatavissa: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmin-center/PM%20DeltaV%20Documents/Whitepapers/WP_DeltaV_Alarm_Help.pdf>. Luettu 6.1.2017.
- 22 Emerson DeltaV Distributed control system, White paper, Alarm management. 2015. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20DeltaV%20Documents/Whitepapers/WP_DeltaV_Alarm_Management.pdf>. Luettu 5.1.2017.
- 23 Reising D. V. & Bullemer P. Operator situation Awareness & Delivering ASM compliant High Performance HMIs: Failure Modes and Success Factors. verkkodokumentti. luettu: 28.9.2016.
- 24 Parkes K. R. 1993. Human factors, shift work, and alertness in the offshore oil industry. University of Oxford, Oxford.
- 25 Degani A. 1992. On the Typography of Flight-Deck Documentation. San Jose: NASA

Liitteet

Liite 1. Ohjaamo-operaattoreilla teetetyn kyselyn lomake.

Linja: _____ Vuoro: _____

Ohjeiden hyödyllisyys ohjaamo-operaattorin näkökulmasta ajateltuna.

Online Checklist	: Jonkin laitteen tai yksikön operoinneissa käytettävä esim. tarkistus tai työlista. Avattavissa DCS:stä.
Toimintakuvaus	: DCS:tä löytyvä toimintakuvaus. (ainakin DNA:ssa)
Pieni info ikkuna DCS:ään	: Kuvitteellinen infoikkuna tai "2"-linkki, jossa on kerrottu tärkeimpiä prosessiarvoja tai huomioita.
OQD ohjeet	: Kaikki OQD- ohjeet.
Laitekortti	: Osalle jalostamon laitteista on tehty laitekortti. Mitä jos olisi kaikilla.

Laitoksen **normaalioperoinnissa** hyödylliseksi ohjeeksi sopisi (1 täysin erimieltä, 5 Täysin samaa mieltä)

	1	2	3	4	5
Checklist					
Toimintakuvaus					
Pieni info ikkuna DCS:ään					
OQD ohjeet					
Laitekortti					
ei mikään näistä					

Laitoksen **Ylösajossa** hyödylliseksi ohjeeksi sopisi (1 täysin erimieltä, 5 Täysin samaa mieltä)

	1	2	3	4	5
Checklist					
Toimintakuvaus					
Pieni info ikkuna DCS:ään					
OQD ohjeet					
Laitekortti					
ei mikään näistä					

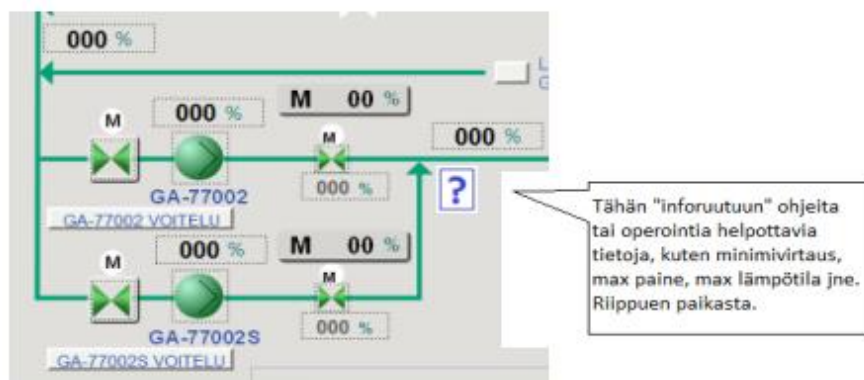
Laitoksen **alasajossa** hyödylliseksi ohjeeksi sopisi (1 täysin erimieltä, 5 Täysin samaa mieltä)

	1	2	3	4	5
Checklist					
Toimintakuvaus					
Pieni info ikkuna DCS:ään					
OQD ohjeet					
Laitekortti					
ei mikään näistä					

Laitoksen **häiriössä** hyödylliseksi ohjeeksi sopisi (1 täysin erimieltä, 5 Täysin samaa mieltä)

	1	2	3	4	5
Checklist					
Toimintakuvaus					
Pieni info ikkuna DCS:ään					
OQD ohjeet					
Laitekortti					
ei mikään näistä					

Havainnollistava kuva kuvitteellisesta info ikkunasta DCS:ssä. Ikkunan saisi avattua ja suljettua "?" painikkeesta.



CHECKLIST:

1. Ensimmäinen muistettava tai tehtävä asia



2. Toinen muistettava tai tehtävä asia



3. Kolmas muistettava tai tehtävä asia



4. Neljäs muistettava tai tehtävä asia



jne..

Checklist päivittää itse itsensä (vihreät ja punaiset valot jokaisen kohdan vieressä kertovat onko asia tehty tai arvot kunnossa) sen mukaan, miten prosessista valitut arvot ovat muuttuneet. Tai onko esim: ohituskytkintä käännetty.

Checklist:n olisi DCS:stä avattava erillinen ikkuna mihin on kirjattu tärkeimmät tehtävät asiat jonkin laitteen käynnistyksessä/pysäytyksessä

Liite 2. VY2 Kuumakäynnistys pikaohjeen DCS versio

Liite on salainen.